

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-064869

(43)Date of publication of application : 08.03.1996

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 06-202476

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 26.08.1994

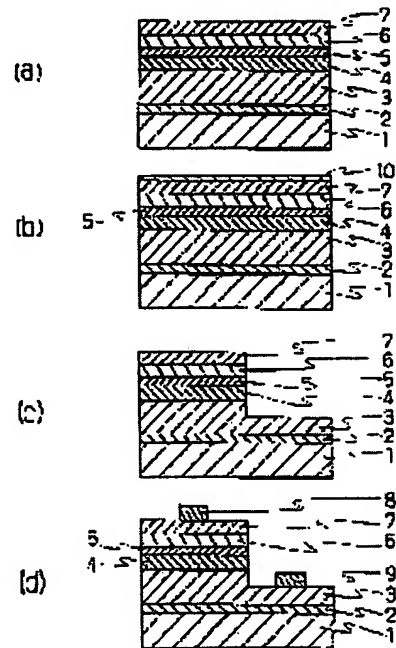
(72)Inventor : SHAKUDA YUKIO

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a semiconductor light emitting element having a small interelectrode resistance and high luminous efficiency by increasing carrier concentration and decreasing contact resistance of a semiconductor layer with an electrode metal.

**CONSTITUTION:** A semiconductor light emitting element comprises gallium nitride compound semiconductor layers 4, 6 having at least n-type layer and a p-type layer laminated on a substrate 1, and n-type side and p-type side electrodes 9, 8 connected to the semiconductor layers of the n-type layer and the p-type layer. Accordingly, two or more types of Be, Mn, or Mg, Zn, Cd, Be and Mn are used as the dopant of the p-type layer, and two or more types of Se, S, Ge, Te, or Si, Ge, Sn, S, Se and Te are used as the dopant of the n-type layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3504976

[Date of registration] 19.12.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-64869

(43)公開日 平成8年(1996)3月8日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00	C			
H 0 1 S 3/18				

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-202476

(22)出願日 平成6年(1994)8月26日

(71)出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72)発明者 尺田 幸男

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内

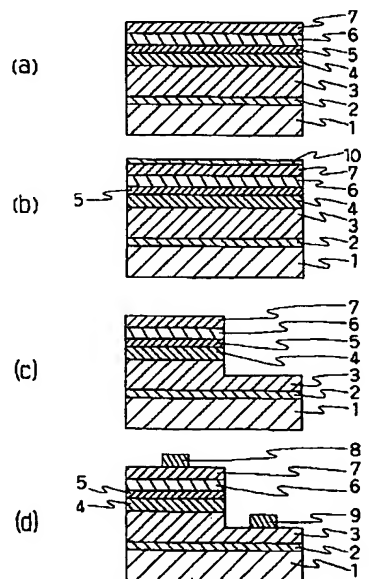
(74)代理人 弁理士 朝日奈 宗太 (外2名)

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 キャリア濃度を高く、または半導体層と電極金属との接触抵抗を小さくして電極間抵抗が小さく発光効率の高い半導体発光素子を提供する。

【構成】 基板1上に少なくともn型層およびp型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層4、6が積層され、前記n型層およびp型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層にそれぞれ接続されたn側およびp側電極9、8が設けられてなる半導体発光素子であって、前記p型層のドーパントとしてBe、Mn、またはMg、Zn、Cd、BeおよびMnのうちの2種以上、n型層のドーパントとしてSe、S、Ge、Te、Sn、またはSi、Ge、Sn、S、SeおよびTeのうちの2種以上を使用する。



1 基 板	6 p型クラッド層
2 低阻バッファ層	7 キャップ層
3 高阻バッファ層	8 p側電極
4 n型クラッド層	9 n側電極
5 活性層	

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントが Be である半導体発光素子。

【請求項 2】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントが Mn である半導体発光素子。

【請求項 3】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントが Se または S である半導体発光素子。

【請求項 4】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントが Ge、Te および Sn よりなる群から選ばれた 1 種の元素である半導体発光素子。

【請求項 5】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントは Mg、Zn、Cd、Be および Mn よりなる群から選ばれた少なくとも 2 種の元素が混在している半導体発光素子。

【請求項 6】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントは Si、Ge、S

n、S、Se および Te よりなる群から選ばれた少なくとも 2 種の元素が混在している半導体発光素子。

【請求項 7】 基板上に少なくとも n 型層および p 型層を有するチツ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記 n 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された n 側電極、および前記 p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層に接続された p 側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、前記 n 側および／または p 側電極の材料は、それぞれが接続される n 型層および p 型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントの少なくとも 1 種の元素を含有する合金である半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体発光素子に関する。さらに詳しくは、青色発光に好適なチツ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子に関する。

【0002】ここにチツ化ガリウム系化合物半導体とは、III 族元素の Ga と V 族元素の N との化合物または III 族元素の Ga の一部が Al、In など他の III 族元素と置換したものおよび／または V 族元素の N の一部が P、As など他の V 族元素と置換した化合物からなる半導体をいう。

【0003】また、半導体発光素子とは、pn 接合または pin などダブルヘテロ接合を有する発光ダイオード（以下、LED という）、スーパーミネセントダイオード（SLD）または半導体レーザダイオード（LD）などの光を発生する半導体素子をいう。

## 【0004】

【従来の技術】 従来青色の LED は赤色や緑色に比べて輝度が小さく実用化に難点があったが、近年チツ化ガリウム系化合物半導体を用い、Mg をドーパントした低抵抗の p 型半導体層がえられたことにより、輝度が向上し脚光をあげている。

【0005】従来のチツ化ガリウム系化合物半導体の LED の製法はつぎに示されるような工程で行われ、その完成したチツ化ガリウム系化合物半導体の斜視図を図 2 に示す。

【0006】まず、サファイア（ $Al_2O_3$  単結晶）などからなる基板 21 に 400～700℃の低温で有機金属化合物気相成長法（以下、MOCVD 法という）によりキャリアガス  $H_2$  とともに有機金属化合物ガスであるトリメチルガリウム（以下、TMG という）、アンモニア（ $NH_3$ ）およびドーパントとしての  $SiH_4$  などを供給し、n 型の GaN 層からなる低温バッファ層 22 を形成し、ついで 700～1200℃の高温で同じガスを供給し同じ組成の n 型の GaN からなる高温バッファ層 23 を形成する。

【0007】について前述のガスにさらにトリメチルアルミニウム（以下、TMA という）の原料ガスを加え、n

型ドーパントのSiを含有したn型 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層を成膜し、ダブルヘテロ接合形成のためのn型クラッド層24を形成する。

【0008】つぎにバンドギャップエネルギーがクラッド層のそれより小さくなる材料、たとえば前述の原料ガスのTMAに代えてトリメチルインジウム（以下、TMIという）を導入し、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y \leq 1$ ) からなる活性層25を形成する。

【0009】さらに、n型クラッド層24の形成に用いたガスと同じ原料のガスで不純物原料ガスをSiH<sub>4</sub>に代えてp型不純物としてのMgまたはZnのためのビスシクロペンタジエニルマグネシウム（以下、Cp<sub>2</sub>Mgという）またはジメチル亜鉛（以下、DMZnという）を加えて反応管に導入し、p型クラッド層26であるp型 $Al_xGa_{1-x}N$ 層を気相成長させる。これによりn型クラッド層24と活性層25とp型クラッド層26とによりダブルヘテロ接合が形成される。

【0010】ついでキャップ層27形成のため、前述のバッファ層23と同様のガスで不純物原料ガスとしてCp<sub>2</sub>MgまたはDMZnを供給してp型のGaN層を成長させる。

【0011】そののちSiO<sub>2</sub>などの保護膜を半導体層の成長層表面全面に設け、400～800℃、20～60分間程度のアニールを行い、p型クラッド層26およびキャップ層27の活性化を図る。

【0012】ついで、保護膜を除去したのち、n側の電極を形成するため、レジストを塗布してパターニングを行い、成長した各半導体層の一部をドライエッチングにより除去してn型GaN層であるバッファ層23を露出させる。ついで、Pt、Ni、Auなどからなる金属膜をスパッタリングなどにより形成してp側電極29を、また、Alなどからなる金属膜を同様の方法で形成してn側の電極30を形成し、ダイシングすることによりLEDチップを形成している。

【0013】つぎに、電極金属のAlなどとチッ化ガリウム系化合物半導体とのあいだをオーミック接触にするため、H<sub>2</sub>雰囲気中で300℃程度の熱処理をして合金化する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従来のチッ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子では、p型ドーパントとしてMgまたはZn、n型ドーパントとしてSiを用いているが、これらのドーパントはそれぞれGaNへの溶けやすさをもっているため、ある程度以上にキャリア濃度をあげることができない。さらにアニールなどを行うときにドーパントが動き易く、相互に拡散してpn接合の急峻性がなくなったり、pn接合の位置がずれ、動作電圧が高くなったり、キャリアが発光部から漏れて無効電流となり、発光効率が低下するという問題がある。

【0015】さらに、電極として従来はp側にはPt、Ni、Auなどが用いられているが、これらはp型ドーパントのMgとは反応しにくく、またn側にはAlなどが用いられているが、これもn型ドーパントのSiとは反応しにくく、電極金属と半導体層との接触抵抗が大きくなり、発光素子の動作電圧が高くなり、発光効率が低下するという問題がある。

【0016】本発明はこのような問題を解決し、キャリア濃度を高くし、低い動作電圧で作動する半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0017】本発明の他の目的は、アニールなどの熱処理を行ってもpn接合が移動したり、ダレたりしないでキャリアの漏れを防止して安定した発光特性がえられるチッ化ガリウム系化合物半導体からなる半導体発光素子を提供することにある。

【0018】また、本発明のさらに他の目的は電極金属と半導体層との接触抵抗を低減して動作電圧を低減し、発光効率を向上することができる半導体発光素子を提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明者は前述のp側電極とn側電極間の抵抗分をできるだけ減少させるとともに無効電流を減らして発光効率を向上させるため鋭意検討を重ねた結果、p型ドーパントおよびn型ドーパントを選定することによりキャリア濃度を高くすることができ抵抗損を減らすことができたり、pn接合のダレを防いで無効電流を減らすことができ、発光効率を向上させることができることを見出した。さらに電極材料をその電極材料が接触する半導体層のドーパントを含む合金材料とすることにより、電極と半導体材料間の接触抵抗を減少させることができることを見出して本発明を完成するに至った。

【0020】請求項1～6記載の半導体発光素子は、基板上に少なくともn型層およびp型層を有するチッ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記n型層のチッ化ガリウム系化合物半導体層に接続されたn側電極、および前記p型層のチッ化ガリウム系化合物半導体層に接続されたp側電極がそれぞれ設けられてなる半導体発光素子であって、n型層およびp型層のドーパントを種々選定したもので、請求項1記載の発明では、前記p型層のドーパントがBeであり、請求項2記載の発明では前記p型層のドーパントがMnであり、請求項3記載の発明ではn型層のドーパントがSeまたはSであり、請求項4記載の発明ではn型層のドーパントがGe、TeおよびSnよりなる群から選ばれた1種の元素であり、請求項5記載の発明では、前記p型層のドーパントがMg、Zn、Cd、BeおよびMnよりなる群から選ばれた少なくとも2種の元素が混在しているものであり、請求項6記載の発明では、前記n型層のドーパントはSi、Ge、Sn、S、SeおよびTeよりなる群から選

ばれた少なくとも2種の元素が混在しているものである。

【0021】また、請求項7記載の発明は、基板上に少なくともn型層およびp型層を有するチッ化ガリウム系化合物半導体層が積層され、前記n型層およびp型層のチッ化ガリウム系化合物半導体層にそれぞれ接続されたn側およびp側電極が設けられてなる半導体発光素子であって、前記n側および／またはp側電極は、それぞれが接続されるn型層およびp型層のチッ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントの少なくとも一種の元素を含む合金である。

【0022】

【作用】請求項1記載の発明によれば、p型ドーパントとしてBeを用いているため、BeはMgより軽い元素で高濃度にドーピングすることができる。その結果、キャリア濃度を高くすることができ、電極間抵抗を減少させることができる。

【0023】請求項2記載の発明によれば、p型ドーパントとしてMnを用いているため、MnはMgよりも重い元素なので、アニールなどの熱処理によっても動きにくく、pn接合が拡散によって移動せず、pn接合のズレも少ない。

【0024】請求項3記載の発明によれば、n型ドーパントとしてSeまたはSを用いているので、SeまたはSはⅥ族の元素であり、GaN系のN原子の位置に入ってn型ドーパントとして働く。その結果、より高濃度にドーピングすることができ、キャリア濃度を高くすることができ電極間抵抗を減少させることができる。

【0025】請求項4記載の発明によれば、n型ドーパントとしてGe、SnまたはTeを用いているので、これらの元素はSiより重く、アニールなどの熱処理によっても動きにくく、pn接合が拡散によって動いたり、ズレたりすることも少ない。とくにTeはⅥ族の元素でSやSeよりも重く、請求項3のキャリア濃度を高くすることができるとともにpn接合のズレを防止することができる。

【0026】請求項5または6記載の発明によれば、p型ドーパントまたはn型ドーパントとしてそれぞれ少なくとも2種の元素がドーピングされるため、それぞれのドーパントの特徴を併せもつことができ、キャリア濃度を高くするとともにpn接合のズレを防止した高特性のチッ化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子がえられる。

【0027】請求項7記載の発明によれば、n側および／またはp側電極に、それぞれが接続されるn型層およびp型層のチッ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントの少なくとも1種の元素を含む合金を用いているので、電極と前記チッ化ガリウム系化合物半導体層とに同種元素があるために電極材料と半導体層とが合金化されやすく接触抵抗を低減することができる。

【0028】

【実施例】つぎに添付図面を参照しながら本発明の半導体発光素子の製法を説明する。

【0029】実施例1

図1は本発明の半導体発光素子の一実施例の工程断面説明図である。

【0030】まず、図1(a)に示されるように、サファイアなどからなる基板1を反応管内に設置して、キャリアガスの $H_2$ とともにTMGを150sccm、 $NH_3$ を10000sccm、ドーパントとしての $H_2$ で希釈した濃度が100ppmの $SiH_4$ を10sccm導入して、MOCVD法によりたとえばn型GaNなどのチッ化ガリウム系化合物半導体層からなる低温バッファ層2および高温バッファ層3をそれぞれ0.01~0.2 $\mu m$ 、2~5 $\mu m$ 程度成長する。

【0031】そののち、前述のガスにさらにTMAを10~100sccmの流量で加え、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) からなるn型クラッド層4を0.1~0.3 $\mu m$ 成長し、ついで $SiH_4$ をとめ、TMAに代えてTMIを50~200sccmの流量で導入し、クラッド層4よりバンドギャップエネルギーが小さいノンドーブの $Ga_yIn_{1-y}N$ からなる活性層5を0.05~0.1 $\mu m$ の厚さ成長する。

【0032】さらにn型クラッド層4の形成に用いた原料ガスと同じ原料のガスで不純物原料ガスを $SiH_4$ に代えてp型不純物としてのBeをビスメチルシクロペンタジエニルベリリウム（以下、 $(MeCp)_2Be$ という）ガスで10~1000sccm程度加えて反応管に導入し、不純物濃度が $10^{17} \sim 10^{19}/cm^3$ 程度のBe含有の $Al_xGa_{1-x}N$ からなるp型クラッド層6を0.1~0.3 $\mu m$ の厚さに気相成長させる。

【0033】ついでキャップ層7形成のため、前述のバッファ層3と同様のガスで不純物原料ガスとして $SiH_4$ に代えて $(MeCp)_2Be$ を供給してp型のGaN層を0.3~2 $\mu m$ 程度成長させる。

【0034】そののち $SiO_2$ などの保護膜を半導体層の成長層表面全面に設け、400~800℃、20~60分間程度のアニールを行い、p型クラッド層6およびキャップ層7の活性化を図る。

【0035】ついで、保護膜を除去したのちn側の電極を形成するため、レジストを塗布してパターニングを行い、成長した各半導体層の一部をドライエッチングにより除去してn型GaN層であるバッファ層3を露出させる。ついで、Au、Alなどからなる金属膜をスパッタリングなどにより形成して、積層された化合物半導体層の表面でp型層に電気的に接続されるp側電極8、露出した高温バッファ層3の表面でn型層に電気的に接続されるn側電極9を形成し、ダイシングすることによりLEDチップが完成する。

【0036】本実施例によれば、20mAの電流を流す

のに従来3.0V必要であったのが2.8~2.9Vの印加電圧でよく、消費電力の低減がえられた。

#### 【0037】実施例2

本実施例では実施例1の半導体発光素子でp型クラッド層6およびキャップ層7のドーパントをBeに代えてMnを用いるもので、その他の構造は実施例1と同様である。

【0038】p型クラッド層6およびキャップ層7の形成は、実施例1のドーパントガスである $(\text{MeCp})_2\text{Be}$ に代えてMnをビスメチルシクロペンタジエニルマンガン（以下、 $(\text{MeCp})_2\text{Mn}$ という）ガスとして10~1000sccm程度反応管に導入し、不純物濃度が $10^{17}\sim 10^{19}/\text{cm}^3$ 程度のMn含有の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ) からなるp型クラッド層6を0.1~0.3 $\mu\text{m}$ 程度気相成長させるもので、他の製法は実施例1と同じである。

【0039】本実施例によればアニールしたのちに、もともとドーピングしていない層が拡散によるキャリア濃度変化は小さく、pn接合の移動が生じていないことがわかる。

#### 【0040】実施例3

本実施例では、実施例1のn型クラッド層4およびバッファ層2、3のn型ドーパントをSiに代えてSeまたはSを用いたもので、その他の構造は実施例1と同様である。SeまたはSをドーパントとして使用するばあい、それぞれセレン化水素( $\text{H}_2\text{Se}$ )ガスまたは $\text{H}_2\text{S}$ ガスとして $\text{H}_2$ で希釈し、濃度が100ppmのガスを1~100sccm程度加えて反応管に導入し、GaN層からなるバッファ層2、3およびn型クラッド層4であるn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ) 層を不純物濃度が $10^{17}\sim 10^{19}/\text{cm}^3$ 程度になるように気相成長させる。

【0041】また、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ) 層であるp型クラッド層6およびp型GaN層であるキャップ層7のドーパントは従来と同様のMgを使用した実施例1または2で用いたBeやMnであってもよい。

【0042】p型ドーパントにMgを用い、n型ドーパントにSeまたはSを用いた本実施例によれば、n型クラッド層4の不純物としてSiを用いる従来の半導体発光素子に比べて同じ20mAの電流をうるのに従来は3.0V必要であったのが2.8~2.9Vの印加電圧でよく、従来よりも低消費電力がえられた。

#### 【0043】実施例4

本実施例では、実施例3の半導体発光素子でn型の不純物SeまたはSに代えてGe、SnまたはTeを用いるものであり、その他の構造は実施例3と同じである。ドーパントGe、Sn、Teをドーピングするには、それぞれ $\text{H}_2$ 希釈で濃度が100ppmのモノゲルマン( $\text{GeH}_4$ )ガス、水素化スズ( $\text{SnH}_4$ )ガス、テルル化

水素( $\text{TeH}_4$ )ガスとして1~100sccm程度加えて反応管に導入し、実施例3と同様にn型クラッド層4の不純物濃度が $10^{17}\sim 10^{19}/\text{cm}^3$ 程度のn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x < 1$ ) 層を気相成長させる。

【0044】前記実施例3と同様にp型クラッド層6であるp型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層およびキャップ層7のドーパントにはMgに代えてBeやMnであってもよい。

#### 【0045】実施例5

本実施例では実施例1の半導体発光素子のp型クラッド層6のドーパントをBeに代えてMg、Zn、Cd、BeまたはMnのうち少なくとも2種の金属を用いるもので、その他の構造は実施例1と同様である。

【0046】たとえばBeとMnをそれぞれのドーパント原料ガスが $(\text{MeCp})_2\text{Be}$ を10~1000sccm、 $(\text{MeCp})_2\text{Mn}$ を10~1000sccmで導入して気相成長させるとある条件でBeとMnが同程度の量だけ半導体層にドーピングされ、不純物濃度が $10^{17}\sim 10^{19}/\text{cm}^3$ 程度のBeとMnがドーピングされた $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x < 1$ ) からなるp型クラッド層6が気相成長される。

【0047】本実施例ではp型クラッド層6の不純物原料ガスを少なくとも2種導入しているため、不純物原料ガスが1種のばあいに比べてキャリア濃度が高くなるとともに急峻性のあるpn接合がえられ、pn接合の半導体発光素子にとくに有効である。

#### 【0048】実施例6

本実施例では、実施例3の半導体発光素子のn型クラッド層4のn型ドーパントとしてSi、Ge、Sn、S、SeまたはTeのうち少なくとも2種の元素を用いるものであり、その他の構造は実施例3と同じである。ドーパントSi、Ge、Sn、S、Se、Teをドーピングするためには、それぞれ $\text{H}_2$ 希釈で濃度が100ppmの $\text{SiH}_4$ ガス、 $\text{GeH}_4$ ガス、 $\text{SnH}_4$ ガス、 $\text{H}_2\text{S}$ ガス、 $\text{H}_2\text{Se}$ ガス、 $\text{TeH}_4$ ガスとして半導体層の気相成長時に反応管内に導入すればよく、これらのガスのうちから少なくとも2種、たとえばSとTeなどを選び、それぞれ流量10sccm、10sccm程度で反応管に導入し、n型GaNからなる高温バッファ層3やn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ からなるn型クラッド層4を気相成長させる。

【0049】本実施例によれば、バッファ層を低抵抗なドーパントS、クラッド層はドーパントTeを用いてpn接合は動きにくく発光効率が増加した。

【0050】前記実施例3と同様、p型クラッド層6であるp型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層のドーパントには従来と同様のMgの代わりに実施例1、2または実施例5で用いたものであってもよい。

#### 【0051】実施例7

本実施例は、半導体発光素子のn側電極9およびp側電極8（図1(d)参照）の少なくとも片方がそれぞれの

9

接続されるn型層およびp型層のチツ化ガリウム系化合物半導体層のドーパントの元素を含有する合金であることを特徴とする。

【0052】たとえば、p型層のドーパントとしてMgを使用すると、MgとAuの合金ができず、電極はAu、Ti、Ni、Ptなどを組み合わせて使用せざるをえないが、ドーパントとしてMgとともにZnを混入することにより、ZnとAuの合金を作ることは可能で、半導体層とのオーミック接触をえ易い。

【0053】

【発明の効果】本発明の半導体発光素子によれば、チツ化ガリウム系化合物半導体のドーパントを選定することによりキャリア濃度を高濃度にできるため、抵抗が低くなり、従来より低い電圧で従来と同じ輝度の発光をすることができる。すなわち、従来と同じ電圧を加えることで高輝度をうることができる。

【0054】また、ドーパントをMgやSiよりも重い元素にすることによりpn接合の接合位置が移動しにくくなり、発光位置の安定した信頼性の高いLEDやLDなどの半導体発光素子をうることができる。

10

【0055】さらに、電極材料とドーパントを合わせることができ、n型層またはp型層と電極金属との接触抵抗を小さくすることができ、発光効率の改善された半導体発光素子をうることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体発光素子の製法の一実施例を示す工程断面図である。

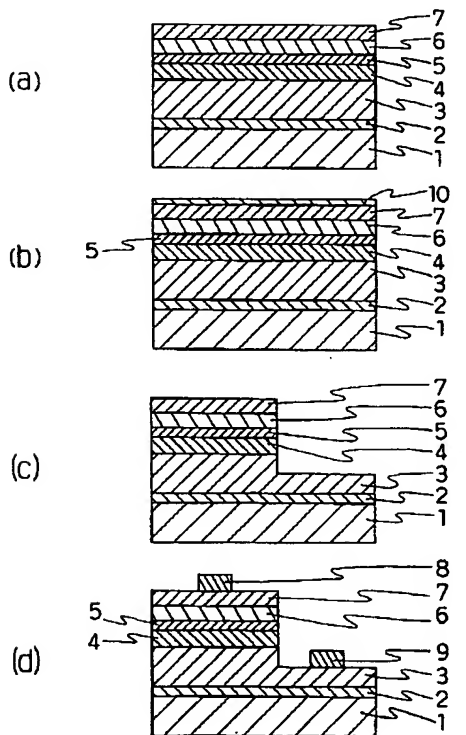
【図2】従来の半導体発光素子の一例を示す斜視図である。

10 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 低温バッファ層
- 3 高温バッファ層
- 4 n型クラッド層
- 5 活性層
- 6 p型クラッド層
- 7 キャップ層
- 8 p側電極
- 9 n側電極

20

【図1】



- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1 基板      | 6 p型クラッド層 |
| 2 低温バッファ層 | 7 キャップ層   |
| 3 高温バッファ層 | 8 p側電極    |
| 4 n型クラッド層 | 9 n側電極    |
| 5 活性層     |           |

【図2】

